



CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la
Universidad Tecnológica Indoamérica

ISSN: 1390-9592

ISSN: 1390-681X

cienciamerica@uti.edu.ec

Universidad Tecnológica Indoamérica
Ecuador

Llacas, Luis; Lara, Nicole

ISLA DE CALOR URBANA: TELEDETECCIÓN EN CUBIERTAS DE LA PARROQUIA SAN FRANCISCO

CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica
Indoamérica, vol. 12, núm. 2, <https://doi.org/10.33210/ca.v12i2.437>, 2023, Julio-Diciembre
Universidad Tecnológica Indoamérica
Ecuador

- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



ISLA DE CALOR URBANA: TELEDETECCIÓN EN CUBIERTAS DE LA PARROQUIA SAN FRANCISCO

*Urban heat island: remote sensing of rooftops in San Francisco
parish*

*Ilha de calor urbana: sensoriamento remoto de telhados na paróquia
de São Francisco*

Luis Llacas¹ , Nicole Lara² 

¹ Facultad de Arquitectura y Construcción. Universidad Indoamérica. Quito-Ecuador.
Correo: luisllacas@indoamerica.edu.ec

² Facultad de Arquitectura y Construcción. Universidad Indoamérica. Quito-Ecuador.
Correo: nlara@indoamerica.edu.ec

Fecha de recepción: 13 de agosto de 2023.

Fecha de aceptación: 22 de noviembre de 2023.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. La isla de calor urbana es un fenómeno originado por procesos antropogénicos y que tiene alteraciones en el hábitat humano. Su estudio permite entender sus causas y proyectar acciones para contrarrestarla. **OBJETIVO.** La investigación expone la correlación entre materialidad en cubiertas de las edificaciones con la isla de calor urbana superficial en la parroquia San Francisco. **MÉTODO.** Se contempla un trabajo documental y de campo con enfoque cualitativo-cuantitativo de nivel exploratorio, descriptivo y correlacional, mediante un análisis documental y observación directa e indirecta, utilizando instrumentos como un sistema de información geográfica para procesamiento de datos, fotogrametrías dron y fichas. **RESULTADOS.** Los resultados evidencian el impacto de materiales como el policarbonato, zinc y fibrocemento que exponen temperaturas superficiales entre 28°C y 29°C. Además, se resalta la importancia del color de dichos materiales y su estado de mantenimiento. La antigüedad o área de las cubiertas influyen en menor grado en la temperatura superficial de las cubiertas. **CONCLUSIONES.** Se concluye la importancia de utilizar materiales de baja inercia térmica o con alto índice de reflectancia solar que mitiguen el efecto isla de calor, reemplazando los existentes, a través de intervenciones en las edificaciones, además de promover ordenanzas y brindar beneficios a tales acciones.

Palabras clave: isla de calor urbana, cubiertas, materialidad, mitigación térmica, reflectancia solar.



ABSTRACT

INTRODUCTION. The urban heat island is a phenomenon originated by anthropogenic processes that has alterations in the human habitat. Its study allows understanding its causes and projecting actions to counteract it. **OBJECTIVE.** The research exposes the correlation between the materiality of building roofs and the urban surface heat island in the parish of San Francisco. **METHOD.** A documentary and field work is contemplated with a qualitative-quantitative approach at an exploratory, descriptive and correlational level, through a documentary analysis and direct and indirect observation, using instruments such as a geographic information system for data processing, drone photogrammetries and data sheets. **RESULTS.** The results show the impact of materials such as polycarbonate, zinc and fiber cement, which expose surface temperatures between 28°C and 29°C. In addition, the importance of the color of these materials and their state of maintenance is highlighted. The age or area of the roofs influences to a lesser degree the surface temperature of the roofs. **CONCLUSIONS.** It is concluded the importance to use materials with low thermal inertia or with high solar reflectance index to mitigate the heat island effect, replacing the existing ones, through interventions in buildings, in addition to promoting ordinances and providing benefits to such actions. **Keywords:** urban heat island, roofs, materiality, remote sensing.

RESUMO

INTRODUÇÃO. A ilha de calor urbana é um fenômeno originado por processos antropogênicos e que provoca alterações no habitat humano. Seu estudo nos permite entender suas causas e planejar ações para neutralizá-lo. **OBJETIVO.** A pesquisa expõe a correlação entre a materialidade dos telhados dos edifícios e a ilha de calor na superfície urbana na freguesia de São Francisco. **MÉTODO.** O trabalho documental e de campo é contemplado com uma abordagem qualitativa-quantitativa em nível exploratório, descritivo e correlacional, por meio de análise documental e observação direta e indireta, utilizando instrumentos como sistema de informação geográfica para processamento de dados, fotogrametria por drone e arquivos. **RESULTADOS.** Os resultados mostram o impacto de materiais como polycarbonato, zinco e fibrocimento, que expõem a superfície a temperaturas entre 28°C e 29°C. Além disso, destaca-se a importância da cor desses materiais e seu estado de manutenção. A idade ou a área dos telhados tem uma influência menor sobre a temperatura da superfície dos telhados. **CONCLUSÕES.** Conclui-se que é importante utilizar materiais com baixa inércia térmica ou alto índice de refletância solar para mitigar o efeito ilha de calor, substituindo os existentes, por meio de intervenções nas edificações, além de promover portarias e proporcionar benefícios a essas ações. **Palavras-chave:** ilha de calor urbana, telhados, materialidade, sensoriamento remoto.

INTRODUCCIÓN

La isla de calor urbana (ICU) es la diferencia de temperatura que existe entre el área urbana de las ciudades, caracterizada por su desarrollo y expansión, y su entorno periférico junto con las áreas rurales [1]. Como menciona Arellano y Roca-Cladera [2] la investigación referente a las islas de calor urbanas o Urban Heat Island (UHI) por sus siglas en inglés, es de gran importancia para entender el cambio climático. Los efectos de la isla de calor en el hábitat urbano contemplan la contaminación atmosférica, afectaciones a la salud, el consumo energético, la estética del paisaje urbano e inclusive la memoria colectiva y el confort urbano [3]. La ICU se puede entender como la suma de dos procesos: la modificación de la cobertura del suelo con materiales con alta inercia térmica [4] y las actividades o acciones antropogénicas que se desarrollan dentro de las ciudades [5]. El primer proceso constituye el cambio de suelo natural a artificial o construido que tiene como ejemplo el cambio en la morfología urbana, la materialidad en el espacio público y privado y la intervención en la vegetación o verde urbano.

Respecto al segundo proceso se tienen todos aquellos efectos producto de las actividades humanas, como el generar y consumir energía en sectores como la industria y el transporte que derivan en la emisión de gases de efecto invernadero.

Existen varios estudios relacionados a la morfología, la materialidad y el verde urbano donde varios de ellos se vinculan a la isla de calor superficial. Para profundizar en este término, se pueden clasificar las ICU en dos tipos en base a las mediciones para determinar sus efectos: la isla de calor urbana atmosférica (ICUA) y la isla de calor urbana superficial (ICUS). La ICUS se analiza en base a las temperaturas de superficie terrestre recabadas a partir de percepción remota. Según diversas investigaciones [6] [7] [8] las ICUS manifiestan mayor variación en temperatura durante el día, por esta razón, se torna relevante el estudio de la temperatura superficial y sus posibles causas y acciones de mitigación. Estos estudios deben considerar las características intrínsecas de los elementos de la ciudad, tales como la materialidad de los elementos horizontales terrestres, es decir, pavimentos o revestimientos en calles y autopistas y cubiertas expuestas a la radiación solar. La temperatura superficial permite estimar la ICUS y acorde a Oke y Voogt [9] dicha temperatura se obtiene mediante sensores remotos los cuales registran los valores correspondientes de emisión de las cubiertas de suelo desde una perspectiva de ojo de pájaro.

La ICUS se ha estudiado gracias a los métodos de teledetección desde mediados del siglo XX. Existen varios tipos de sensores remotos que permiten estudiar las ICUS, entre ellos el Landsat [10]. Sin embargo, no existe suficiente información respecto a la configuración espacial de los niveles de temperatura en las ciudades porque la mayoría son estudios exclusivamente enfocados en las temperaturas superficiales, es decir, a la ICUS [11]. La razón es porque las temperaturas relacionadas a las superficies se obtienen de manera más sencilla porque existen más herramientas que proveen dicha información y permiten procesarla. Varios estudios exponen la importancia y utilidad en investigar la ICUS [12] [13] sobre todo porque se pueden realizar observaciones y análisis al instante con un alcance global [14] siendo herramientas con mucho potencial para la ciencia de la climatología urbana [15] [16] [17]. Como menciona Sarricoler y Martín-Vide [10] es importante estudiar la temperatura superficial en estudios de climatología urbana ya que ésta condiciona la temperatura de las capas más bajas de la atmósfera urbana [6]. Uno de los estudios realizados en relación a la temperatura superficial de las cubiertas, es expuesto por Oleson [18] y su modelo climático que resuelve que las cubiertas blancas mitigan los efectos a la isla de calor urbana. Esta investigación destaca la necesidad de conocer estrategias que puedan resolver el impacto de los revestimientos en el fenómeno de la isla de calor urbana. En la investigación de Barrera et al. [19] se concluye que la utilización de materiales térmicos y reflejantes para cubiertas de edificaciones comerciales, industriales y de uso mixto aportaría en la disminución de la intensidad de la isla de calor urbana superficial e incluso atmosférica.

Por todo lo expuesto, se torna relevante la investigación de la isla de calor urbana y la identificación de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones, como un punto de partida para establecer estrategias de mitigación en las áreas urbanas. La

ciudad de Ambato es un territorio aún en desarrollo y sin reglamentación específica por parte de la administración local, que incida en las decisiones proyectuales respecto a la materialidad de las edificaciones inclusive en su centro urbano, donde se localiza la parroquia urbana San Francisco. Este escenario es de interés para proyectistas del sector público y privado, puesto que representa suma importancia el conocimiento sobre las consecuencias del fenómeno en el territorio a partir de las elecciones en el diseño, tornándose un referente para establecer políticas o lineamientos por parte de planificadores. Es relevante mencionar que, a nivel local, tampoco existen estudios que profundicen en la isla de calor urbana superficial y, directamente, en la parroquia San Francisco desde ningún ámbito, por lo que se evidencia el vacío de conocimiento sobre la temática. Por esta razón, la investigación se plantea identificar la correlación existente entre el impacto de algunos materiales utilizados en las cubiertas en el fenómeno de la ICUS y, de manera específica, cuáles son los materiales con mayor incidencia y en qué edificaciones se encuentran como punto de inicio para poder plantear a futuro acciones prioritarias de intervención.

MÉTODO

El objetivo de la investigación es comprobar la relación entre la formación de islas de calor urbano frente al uso de materiales utilizados en las cubiertas en la parroquia urbana de San Francisco en Ambato a través de una investigación documental y de campo con enfoque cualitativo y cuantitativo con un nivel exploratorio, descriptivo y correlacional. La investigación aporta al ámbito académico y conlleva un estudio teórico, no expone conflicto de intereses y las actividades se realizaron de forma responsable, con integridad y sin perjuicios a sujetos o a la comunidad. Para llevar a cabo esta investigación, en primer lugar, se realizó una revisión documental de índole teórica para identificar qué materiales tienen mayor impacto en la ICU respecto a sus propiedades y la temperatura superficial adecuada para las cubiertas. Como segundo paso, se realiza un análisis espacial donde en base a una capa vectorial de tipo ráster representada por la banda térmica de una foto satelital Landsat obtenida de la página Earth Explorer de United States Geological Survey [20], se aplica la fórmula de cálculo del método ya establecido [26] para obtener una gráfica espacial con valores de temperatura superficial que se visualizarán en la herramienta de información geográfica (SIG) de libre acceso QGIS. A través del mapa de calor, se identifican las zonas con mayor temperatura y, dentro de cada una, se determinan las edificaciones que inciden en las temperaturas altas superficiales debido a la cubierta que poseen. Luego, mediante observación indirecta y trabajo de campo se realiza un levantamiento para conocer las características de las cubiertas, a través de fotogrametrías con drones y expresadas en fichas de materiales. Finalmente, se ejecuta una comparativa entre las características de las cubiertas y la teledetección de zonas con mayor temperatura y se exponen los resultados por medio de tabulación de datos y recomendaciones como lineamientos y acciones de intervención a futuro.

RESULTADOS

Etapas de revisión documental. Según los planes locales Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial PDOT (2020-2030) y el Plan de Uso y Gestión de Suelo PUGS (2020-2032) de Ambato [21] [22], se delimita la parroquia San Francisco según la Figura 1. El sector comprende parte del centro histórico y gran mayoría son edificaciones de equipamientos, comercios y edificios mixtos como edificaciones en altura, patrimoniales y de gran antigüedad que albergan los principales usos y actividades del centro urbano. Estas características relacionadas a la configuración edificatoria y usos intensivos influyen directamente en el comportamiento térmico de los edificios y sus componentes constructivos, como las cubiertas, y en última instancia en el entorno urbano y la ICU.



Figura 1. Límites de la parroquia urbana San Francisco.

Según los planes y reglamentación local se identificó que no existe normativa relacionada a la obligatoriedad para la aplicación de cierta materialidad en cubiertas, pero sí en relación a los permisos edificatorios de obra nueva, ampliación e intervención indicando que se requiere un permiso de acondicionamiento o adecuación para cambios en las cubiertas de zinc, tejas y otros hasta un 25% por necesidad emergente y será necesaria una verificación estructural [22]. En la norma nacional de eficiencia energética NEC-HS-EE [23] se menciona, por otro lado, los valores de reflectividad que deben cumplirse en el componente techo o cubierta y sus revestimientos en base a las zonas climáticas del Ecuador. Si las cubiertas tienen una pendiente menor o igual a 2:12 deben cumplir con un índice de reflectancia solar o, por sus siglas en inglés, *solar reflectance index* (SRI) igual o mayor a 0.65 y tres años después de su instalación igual o mayor a 0.50. Si las cubiertas tienen una pendiente mayor a 2:12 deben cumplir con un SRI igual o mayor a 0.25 y tres años después igual o mayor a 0.15. Se destaca que, a pesar de existir esta reglamentación mínima, las edificaciones en su totalidad no cumplen con dichos parámetros ya sea por antigüedad, por desconocimiento o falta de fiscalización. Esta situación es similar en la mayoría del territorio, especialmente para la norma NEC-HS-EE, que siendo obligatoria como documento oficial no es aplicada como tal. Según la guía de usuario EDGE de la International Finance Corporation [24] el índice de

reflectancia solar representa una combinación de las propiedades térmicas del material, así como del color y estado del mismo. En la guía se reporta que, de acuerdo al color, una mayor reflectancia está relacionada a colores muy claros hasta el blanco y una menor reflectancia a colores oscuros hasta el negro. Por ejemplo, tejas de arcilla rojas tienen un SRI igual a 0.36 mientras que tejas de concreto blancas tienen un SRI igual a 0.90.

Etapas de análisis espacial. El análisis de la temperatura superficial de la parroquia San Francisco se llevó a cabo mediante la generación de un mapa de calor utilizando el software de teledetección QGIS. Se obtienen imágenes satelitales como recurso libre de la página de Earth Explorer de la inspección geológica de los Estados Unidos o United States Geological Survey [20]. Se utiliza como fuente imágenes del satélite Landsat con fecha agosto de 2021 considerando un cielo despejado y mayor visibilidad. Luego se procesa esta imagen en el software QGIS y se emplea la fórmula expuesta en la investigación de Rahman et al. [26] donde mediante una imagen ráster se traduce a una gráfica espacial que representa los niveles de temperatura. Como resultado se obtiene la Figura 2 donde se observan tres zonas de mayor temperatura representadas con una cromática oscura. Estas tres zonas presentan 10 edificaciones incidentes y se determinan temperaturas de 29.13°C en la zona 1; temperaturas de 27.75°C, 28.89°C, 27.70°C, 28.61°C, 26.69°C, 27.94°C en la zona 2; y temperaturas de 26.01°C, 28.65°C, 28.76°C en la zona 3; según lo expuesto en la figura.

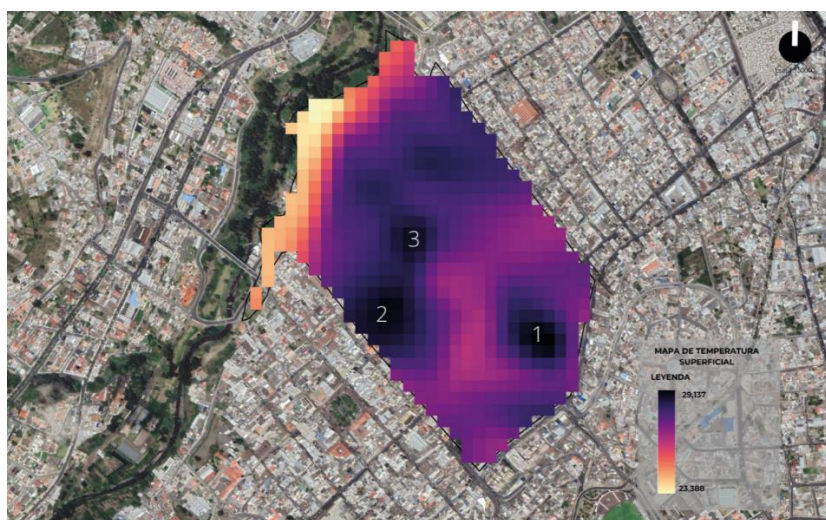


Figura 2. Mapa de calor de temperaturas superficiales de la parroquia urbana San Francisco.

Según la norma internacional NTE INEN ISO 7730 las temperaturas superficiales de suelo aceptables varían entre 19 a 28°C [25]. En este contexto, se ha tomado como muestra de análisis las zonas donde la temperatura superficial alcanza los 29.13°C a partir de los 26°C como rango considerando una estimación de error en la observación y teniendo en cuenta que son valores muy cercanos al límite superior máximo, por lo que requerirían una examinación para su posible intervención. En la figura 3 y 4 se

pueden identificar las tres áreas y las diez edificaciones que se encuentran dentro de este rango de temperatura en la parroquia. Estas áreas han sido seleccionadas como muestra para examinar las características actuales de las cubiertas de las edificaciones en cada zona, así como las propiedades higrotérmicas de los materiales utilizados en ellas.



Figura 3. Identificación de áreas dentro del rango de temperatura superficial alcanzando los 29.13°C.

Etapas de levantamiento de información de campo. Se utiliza fotogrametría con drones para obtener imágenes detalladas de las tres zonas y de las diez edificaciones. Estas edificaciones son todas equipamientos y comercios y se encuentran alrededor de hitos urbanos como la Unidad Educativa Juan Montalvo, el Mercado Modelo y también la Calle Martínez.



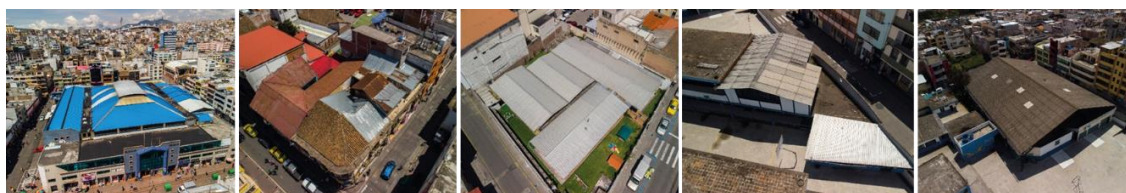


Figura 4. Identificación de áreas y edificaciones dentro del rango de temperatura superficial establecido.

Después de analizar los datos recopilados, se seleccionan las diez cubiertas en las distintas zonas de la parroquia urbana de San Francisco para su análisis mediante fichas de observación. Estas cubiertas presentaban valores de temperatura superficial superiores a 26°C. Se ha determinado que las diferentes características de las cubiertas y las propiedades higrotérmicas de los materiales influyen en el aumento de la temperatura superficial, llegando a alcanzar los 29.13°C. Los valores muestran que existe una diferencia entre 6.01°C y hasta 10.89°C con respecto a la temperatura ambiente promedio en el mismo periodo de tiempo. Se presenta una tabla resumen de los datos recopilados en las fichas de observación después del análisis de la muestra de las diez edificaciones en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de las fichas de observación y comparativa entre temperatura ambiente y temperatura superficial de las cubiertas en base a la teledetección

Edificación			Cubierta		Temperatura		
Zona-Código	Año	Uso (altura)	Material (color)	Estado de la cubierta	Área de cubierta (m ²)	T. Ambiente (°C)	T. Superficial (°C)
Z1-1	2005	Equipamiento (3 pisos)	Polycarbonato (azul)	Regular	4244	22	29.13
Z2-2	1940	Mixto (2 pisos)	Tejas (terracota)	Regular	168	18	27.75
Z2-3	1940	Mixto (2 pisos)	Zinc (gris-oxidado)	Malo	54	18	28.89
Z2-4	1998	Mixto (5 pisos)	Hormigón (gris)	Regular	104	18	27.70
Z2-5	1938	Comercial (2 pisos)	Zinc (gris-oxidado)	Regular	295	18	28.61
Z2-6	1930	Mixto (2 pisos)	Tejas (terracota oscura)	Malo	210	18	26.69
Z2-7	2003	Comercial (3 pisos)	Hormigón (gris oscuro)	Regular	59.30	18	27.94
Z3-8	2017	Equipamiento (1 piso)	Zinc (gris)	Bueno	737	20	26.01

		Equipamiento	Zinc	Regular	1247	20	28.65
Z3-9	1974	(2 pisos)	(gris)				
		Equipamiento	Fibro cemento	Malo	1036	20	28.76
Z3-10	1993	(4 pisos)	(gris oscuro)				

Etapas de comparativa y correlación. Se realiza una comparación entre el tipo de material y el color para entender su influencia en el aumento de la temperatura superficial en las cubiertas analizadas. Se ha determinado que el policarbonato azul de la cubierta Z1-1 emite la mayor temperatura superficial con 29.13°C debido a su influencia directa de los valores de reflectancia y emisividad del material. Además, se debe al estado de envejecimiento del policarbonato, el cual ha sido afectado por diversos factores de exposición solar y climáticos, resultando en una disminución del 30% en su capacidad reflectiva en correspondencia a lo indicado en otros estudios [27]. Se determina también que el zinc de color gris tiene la temperatura superficial más baja, registrando 26.01°C. Esta diferencia se debe a que se trata de un material relativamente nuevo que no ha experimentado un envejecimiento en sus propiedades higrótérmicas.

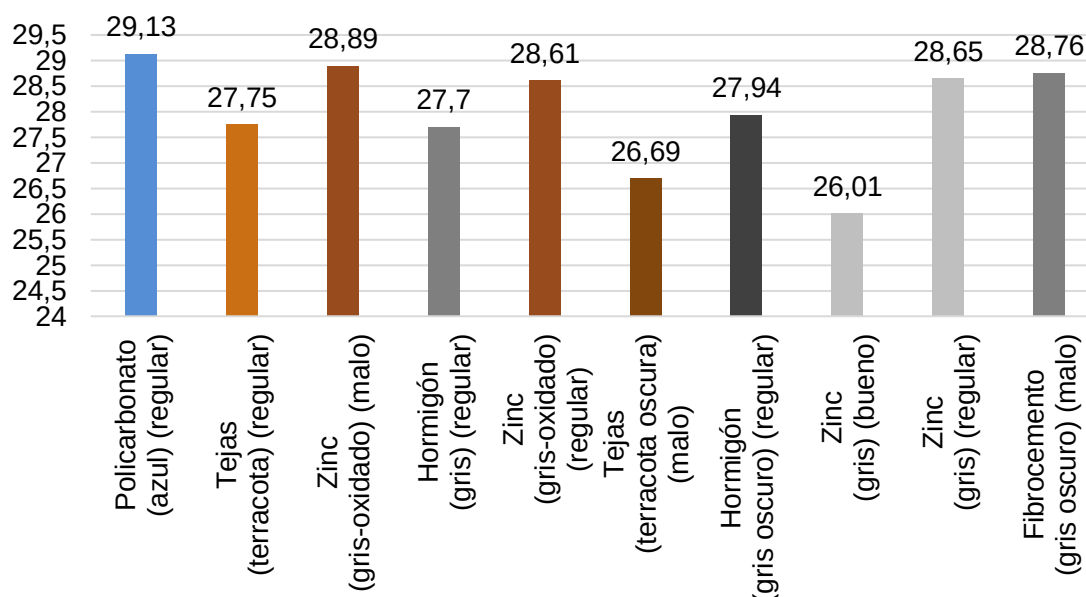


Figura 4. Comparación entre material, color y estado de mantenimiento frente a la temperatura superficial en las cubiertas.

Esta comparación entre el estado del material y la temperatura superficial de las cubiertas demuestra que a medida que empeora el estado del material y no se le brinda un mantenimiento adecuado, la temperatura superficial aumenta. Se observó que el zinc gris y gris-oxidado en mal estado alcanza temperaturas mayores a 28°C en contraposición al zinc en buen estado que alcanza los 26°C. Además, se encontró que la teja en estado regular presenta una temperatura superior a la de la teja en mal estado, debido a la presencia de vegetación en las uniones, resultado de la humedad y la falta de mantenimiento. Es importante destacar que la presencia de vegetación reduce la

temperatura superficial y comprueba la relevancia de las cubiertas vegetales en el contexto de las temperaturas urbanas.

Con respecto al uso, altura, año de construcción y área de la cubierta no se demuestra que la influencia con respecto a la temperatura superficial no es representativa en cada caso en particular, no obstante, sí inciden en menor grado. A partir de los datos, la edificación de mayor antigüedad data del año 1930 y presenta una cubierta tejas color terracota oscura y evidencia una temperatura superficial de 26.69°C mientras que la edificación de 2017 presenta una cubierta de zinc color gris y una temperatura de 26.01°C.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Considerando las propiedades de los materiales en las cubiertas se concluye que las variables que contribuyen al aumento de la temperatura superficial son el color, el estado y el envejecimiento. Respecto al color, se expone que los colores más oscuros resultan en un incremento de la temperatura superficial, en concordancia con los resultados obtenidos por Oleson [18]. El estado y el envejecimiento de los materiales también son factores determinantes, debido a que después de aproximadamente tres años, los materiales disminuyen su capacidad de reflectividad y resistencia térmica hasta en un 30% como explican Alchapar & Correa [27]. Por lo tanto, los materiales con oxidación y envejecimiento presentan una alta temperatura superficial. Por último, tanto el área de la cubierta como el tipo de cubierta utilizada también influyen en su temperatura. A mayor área de cubierta, mayor impacto en la temperatura ambiente. Tras analizar y comparar los resultados de diferentes materiales, se determinó que el policarbonato es el material con la temperatura superficial más alta, seguido por el zinc. La teja colonial muestra los valores más bajos. Se realizó una comparación de las propiedades higrotérmicas establecidas por la NEC-HS-EE y se concluye que los materiales utilizados no cumplen con los requisitos para envolventes en la zona climática 4 correspondiente al lugar de estudio.

Las edificaciones de la Parroquia San Francisco, según su uso, son mayormente equipamientos y comercios con alta actividad y uso diario por lo que se requiere mayor atención en sus instalaciones y el estado de mantenimiento en el que se encuentran todos sus componentes constructivos. Sin embargo, el levantamiento realizado evidencia una situación contraria. Es de gran relevancia el estado de mantenimiento, según lo expuesto en la investigación, dado que aun teniendo un material que tenga un alto índice de reflectancia solar si no se le ha dado cuidado en el tiempo, podría tener un efecto completamente perjudicial.

El Mercado Modelo en la Zona 1 con su cubierta Z1-1 de policarbonato alveolar de color azul tiene la mayor temperatura superficial dentro de toda el área de estudio, por lo que tiene la prioridad de actuación. La implementación de la cubierta de policarbonato, además, es una adición al histórico mercado por lo que un proyecto podría aprovechar para la recuperación de la identidad del mismo. En la Zona 2 la mayoría son edificaciones con valor patrimonial y de uso mixto con cubierta de zinc en

reemplazo de la teja colonial, lo que evidencian adecuaciones irregulares o, en todo caso, con desconocimiento o falta de control por parte de las entidades gubernamentales. En la Zona 3 se encuentran tres equipamientos educativos: el centro de desarrollo infantil Blanca Martínez, la Unidad Educativa Juan Montalvo y el polideportivo de dicha institución. Las cubiertas son de zinc y fibrocemento de colores grises y oscuros. Por esta razón, también se deberá tener en cuenta la incidencia en los espacios interiores con la finalidad de brindar confort durante los procesos de aprendizaje.

La elección del contexto, es decir, la parroquia San Francisco, fue crucial debido a que permitió un análisis detallado en el tiempo fijado, siendo una limitación que presenta esta investigación. Además, a pesar de utilizar un dron para fotografías aéreas, otra restricción fue la accesibilidad a las cubiertas, cuya acción hubiera aportado más información sobre la configuración de las mismas. Una condición importante también fue la fecha de las imágenes satelitales porque difícilmente se encuentra una imagen clara sin obstrucciones con fecha actual, teniendo que admitir aquella más cercana considerando que no haya habido cambios relevantes en la construcción de la ciudad. Una consideración importante para las intervenciones en San Francisco, es que es parte del centro histórico por ello se debe considerar dicha condición en el planteamiento de nuevas reglamentaciones o iniciativas referidas al acondicionamiento o adecuaciones dada la antigüedad de la estructura y de la edificación en sí. Un punto favorable es que gran parte de las edificaciones son de tenencia pública, haciendo en teoría más fácil que puedan plantearse acciones de intervención. Sin embargo, todavía existe desinterés respecto al tema climático y un vacío de conocimiento en relación al fenómeno de la isla de calor urbana por parte de las autoridades competentes. En el caso de las edificaciones privadas, deberán plantearse beneficios fiscales que acompañen las intervenciones por parte de los propietarios en acompañamiento desde un programa originado desde el gobierno local. Finalmente, la presencia de especies vegetales, aún invasivas, en las cubiertas demuestra nuevamente el impacto positivo que podrían tener los techos verdes inclusive como jardines secos. Otra solución sería la implementación de elementos que generen sombras, de tal manera que la radiación solar directa no incida en las cubiertas, o de materiales que tengan alta reflectancia solar o baja inercia térmica como las cubiertas frías o con revestimientos reflectantes.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El desarrollo de la investigación no fue financiado, la concepción y realización de las actividades correspondientes al proceso metodológico nace del interés de los autores por estudiar la isla de calor urbana y las características de las edificaciones, como aporte teórico y práctico para la toma de decisiones proyectuales.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores del documento declaramos que no existe conflicto de interés alguno relacionado a la elaboración del documento.



APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La investigación aporta a la variedad de artículos científicos que tiene la revista CienciAmérica en relación a las temáticas de urbanismo y profundiza en un tema clave como la isla de calor urbana en la ciudad, ya que no se cuenta con estudios similares para revisión de otros investigadores. Esta contribución aborda esta problemática y permite que se indague más estos temas en publicaciones futuras.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

La investigación se logró mediante la contribución de cada autor según: Mg. Arq. Luis Deliberto Llacas Vicuña encargado de la convocatoria y organización del equipo de trabajo, del análisis y revisión documental, validación de los resultados, estructuración y redacción del documento. Arq. Nicole Anahi Lara Corea encargada de la recopilación de información mediante herramientas y equipos para la teledetección y observación, y del procesamiento de la información a través de la digitalización y tabulación de los datos y representación gráfica en mapeos.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Universidad Indoamérica, a su plana docente y a la Arq. Paola Maigua y todos quienes aportaron con sus conocimientos durante el proceso de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] Villanueva, J.; Ranfla, A.; Quintanilla, A. Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo. *Información Tecnológica*, 24(1), 15-24, 2013. Disponible en doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000100003>.
- [2] Arellano Ramos, B.; Roca-Cladera, J., Urban-CLIMPLAN. La Isla de Calor Urbana en la Región Metropolitana de Barcelona. *ACE: Architecture, City and Environment*, 15(45), 10381, 2021. Disponible en DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.15.45.10381>.
- [3] Brandão, P. La Imagen de la Ciudad: Estrategias de identidad y comunicación, Barcelona, España: Universidad de Barcelona, 2011.
- [4] T. R. Oke, "Towards better scientific communication in urban climate," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 84, no. 1-3, pp. 179-190, 2006. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0153-0>.
- [5] O. R. García-Cueto, E. Jáuregui-Ostos, D. Toudert, and A. Tejeda-Martinez, "Detection of the urban heat island in Mexicali, B. C., México and its relationship with land use," *Atmósfera*, vol. 20, no. 2, pp. 111-131, 2007. Disponible en <http://scielo.unam.mx/pdf/atm/v20n2/v20n2a1.pdf>
- [6] J. A. Voogt and T. R. Oke, "Thermal remote sensing of urban climates," *Remote Sens. Environ.*, vol. 86, pp. 370-384, 2003. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8).

- [7] -W. Zhou, G. Huang, and M. L. Cadenasso, "Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 102, no. 1, pp. 54-63, 2011. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>
- [8] C. Yin, M. Yuan, Y. Lu, Y. Huang, and Y. Liu, "Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model," *Sci. Total Environ.*, vol. 634, pp. 696-704, 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.350>
- [9] OKE, T. & VOOGT, J. Complete urban surface temperatures. *Journal of Applied Meteorology*, 1997, Vol. 9, N° 36, p. 1117-1132.
- [10] Sarricolea Espinoza, P., & Martín-Vide, J., El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales, *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 123-141, 2014.
- [11] STREUTKER, D. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 2003, Vol. 85, p. 282–289.
- [12] RAJASEKAR, U. & WENG, Q. Urban heat island monitoring and analysis using a nonparametric model: A case study of Indianapolis. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2008, N° 64, p. 86–96.
- [13] CHEVAL, S. & DUMISTRECU, A. The July urban heat island of Bucharest as derived from MODIS images. *Theoretical and Applied Climatology*, 2009, Vol. 96, p. 145–153.
- [14] JIN, M. & SHEPHERD, J. Inclusion of urban landscape in a climate model. How can satellite data help? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2005, Vol. 86, N° 5, p. 681–689.
- [15] SCHWARZ, N.; LAUTENBACH, S. & SEPPELT, R. Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 2011, Vol. 115, N° 12, p. 3175–3186.
- [16] SCHWARZ, N.; SCHLINK, U.; FRANCK, U. & GROßMANN, K. Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—An application for the city of Leipzig (Germany). *Ecological Indicators*, 2012, N°18, p. 693–704.
- [17] CLINTON, N. & GONG, P. MODIS detected surface urban heat islands and sinks: Global locations and controls. *Remote Sensing of Environment*, 2013, Vol. 134, p. 294–304.
- [18] K. W. Oleson, G. B. Bonan, and J. Feddema, "Effects of white roofs on urban temperature in a global climate model," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 37, no. 3, 2010. Disponible en <https://doi.org/10.1029/2009GL042194>

- [19] Barrera, Itzia; Caudillo, Camilo; Medina, Sandra; Ávila, Felipe; Montejano, Jorge. La isla de calor urbano superficial y su manifestación en la estructura urbana de la Ciudad de México, 2022.
- [20] "EarthExplorer". EarthExplorer. Accedido el 17 de noviembre de 2023. Disponible en <https://earthexplorer.usgs.gov>.
- [21] Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDOT 2050 del cantón Ambato. GAD Municipal de Ambato, 2021.
- [22] Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato. Plan de Uso y Gestión del Suelo 2033 del cantón Ambato. GAD Municipal de Ambato, 2021.
- [23] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE). Código NEC-HS-EE, 2018.
- [24] International Finance Corporation. EDGE User Guide Version 3.0.a. World Bank Group, 2021.
- [25] Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN-ISO 7730, 2016.
- [26] Md. N. Rahman et al., "Impact of Urbanization on Urban Heat Island Intensity in Major Districts of Bangladesh Using Remote Sensing and Geo-Spatial Tools," Climate, vol. 10, no. 1, p. 3, Jan. 2022, doi: 10.3390/cli10010003.
- [27] Alchapar, N., & Correa, E. Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas. Informes de La Construcción, 67(540), 2015. Disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.14.131>

NOTA BIOGRÁFICA



Luis Deliberto Llacas Vicuña. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-6137-0230>
Es investigador de la Universidad Indoamérica. Obtuvo su título de Arquitecto en la Universidad Nacional de Ingeniería en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes en Perú, tiene un Máster en Estudios Avanzados de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña y un Máster en Ciudad y Urbanismo de la Universidad Abierta de Cataluña. Su línea de investigación está enfocada en el urbanismo y la arquitectura con temas afines a la arquitectura, ciudad, urbanismo y sostenibilidad.



Nicole Anahi Lara Corea. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-4865-1107>
Es investigadora de la Universidad Indoamérica. Obtuvo su título de Arquitecta en la Universidad Indoamérica. Su línea de investigación está enfocada en estudios urbanos y territoriales.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.